

PRIJAVA TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MA Aladin Crnkić
Fakultet	Prirodno-matematički fakultet
Studijski program	Matematika
Broj indeksa	1/13
Ime i prezime roditelja	Alija Crnkić
Datum i mjesto rođenja	23.04.1987., Bihać, Bosna i Hercegovina
Adresa prebivališta	Srebrenička 115, 77000 Bihać, Bosna i Hercegovina
Telefon	0038762162469
E-mail	aladin.crnkic@hotmail.com
BIOGRAFIJA I BIBLIOGRAFIJA	
Obrazovanje	-Master studij (II ciklus), Filozofski fakultet Univerziteta u Zenici, smjer Matematika i informatika, datum završetka studija: 16.05.2013., stečeno zvanje: magistar matematike i informatike, srednja ocjena: 8.86 -Diplomski studij, Pedagoški fakultet Univerziteta u Bihaću, smjer Matematika i informatika, datum završetka studija: 04.09.2009., stečeno zvanje: profesor matematike i informatike, srednja ocjena: 8.86 -Srednja škola, JU Gimnazija „Bihać“ -Osnovna škola, JU „Gornje Prekounje-Ripač“
Radno iskustvo	-2013, viši asistent, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću -2011-2013, asistent, Tehnički fakultet Univerziteta u Bihaću -2010-2011, profesor, Gimnazija „Bihać“ -2009-2010, nastavnik, OŠ „Gata Ilidža-Vrsta“ u Bihaću
Popis radova	- Vladimir Jaćimović & Aladin Crnkić, "Characterizing complex networks through statistics of Möbius transformations", <i>Physica D: Nonlinear Phenomena</i> 345, 56(2016). - "Dinamika monotonih i antimonotonih racionalnih sistema diferentnih jednačbi", magistarski rad, Zenica, 2013. - "Unaprijeđene prezentacije nastavnog sadržaja

	primjenom najmodernijih programerskih tehnologija", diplomski rad, Bihać, 2009.
NASLOV PREDLOŽENE TEME	
Na službenom jeziku	Kolektivno ponašanje i samoorganizacija u mrežama povezanih oscilatora
Na engleskom jeziku	Collective behavior and self-organization in networks of coupled oscillators
Obrazloženje teme	
Prvi poznati zapisi o fenomenu sinhronizacije povezanih oscilatora datiraju od XVII vijeka i pisama poznatog holandskog fizičara Hjugensa (ref. 1). Hjugens je primijetio da se dva časovnika sa klatnom, okačena na istom zidu, sinhronizuju nakon nekog vremena. (Hjugens je zapisao da se klatna postepeno počnu kretati u istoj fazi, ili u anti-fazi.) Ovaj fenomen je detaljno izučavan i primjenjivan (ref. (2,3)). U XX vijeku je detaljno izučavana sinhronizacija u populacijama koje uključuju veliki broj oscilatora. Ovakvi sistemi opisuju različite procese u Fizici i Biologiji. Najpopularniji model u ovom pravcu je uveo japanski fizičar Kuramoto 1975. godine (ref. (4)). Modeli ovog tipa su paraigmatski za opisivanje faznih prelazaka i pojave srednjeg polja u populacijama sa velikim brojem jedinki. Ovo je oblast Fizike koja se aktivno razvija, uz korišćenje sofisticiranih matematičkih tehnika i rastućim brojem primjena u Fizici, Biologiji i tehničkim naukama.	
Pregled istraživanja	
Model Kuramoto iz 1975. opisuje veliku populaciju međusobno povezanih faznih oscilatora (amplituda oscilacija se zanemaruje) sa globalnim poparnim vezama (tj. smatra se da su veze između svakog para oscilatora iste). Model Kuramoto već decenijama služi kao paradigma za izučavanje kolektivnog ponašanja i samoorganizacije u velikim populacijama, koje mogu imati za posljedicu fazne prelaske (u kontekstu ovog modela, to je sinhronizacija). Već Kuramoto je primijetio da se u ovakvim sistemima, kao posljedica poparnih interakcija, uspostavlja tzv. srednje polje (vidi ref (4,5)). U XXI vijeku je (vidi ref. (6,7,8)) postignuto bolje razumijevanje dinamike ovakvih sistema i efekta srednjeg polja. Između ostalog, nađeno je da se dinamika ovakvog velikog sistema može svesti na dinamiku malog broja promjenljivih. Za nas je posebno značajna ref. (8), gdje su opisane matematičke strukture koje stoje iza ovog svođenja na dinamiku malog broja promjenljivih. Na ovaj način, dejstvo srednjeg polja se može opisati kao dejstvo grupe Mebiusovih transformacija na jediničnom krugu. Ovo omogućava korišćenje klasičnih matematičkih teorija, kao što su Kompleksna analiza (ref. (9)) i Harmonijske funkcije (ref. (10)), u izučavanju dinamike povezanih oscilatora. Predloženo istraživanje je posvećeno uopštenjima i primjenama rezultata iz ref. (6,7,8), kao i vezama sa poznatim matematičkim teorijama. Stoga će se istraživanje odvijati u nekoliko pravaca: - primjena Kuramoto modela na izučavanje kompleksnih mreža;	

- potencijalne primjene različitih modela tipa Kuramoto u Fizici čestica, Biologiji, Biofizici;
- veza između modela tipa Kuramoto i određenih matematičkih teorija;
- primjene modela povezanih oscilatora u izračunavanju, neuronskim mrežama i sl.

Cilj i hipoteze

Jedna od hipoteza predloženog istraživanja jeste da se modeli tipa Kuramoto i rezultati ref. (8) mogu koristiti za izučavanje kompleksnih mreža. Cilj ovog dijela je konstruisanje algoritama detekcije klastera u mrežama, detekcija važnih čvorova, mjerenje stepena „slučajnosti“ kompleksnih mreža i sl.

U drugom dijelu razmatramo hipotezu da se neki procesi u Molekularnoj biologiji (npr. Razmnožavanje ćelija tokom ćelijskog ciklusa) mogu modelirati uz pomoć povezanih oscilatora.

Još jedan cilj istraživanja se sastoji u konstruisanju neuronskih mreža zasnovanih na sistemima povezanih oscilatora, namijenjenih za određene zadatke prepoznavanja i klasifikacije. Hipoteza u ovom dijelu je da se populacije povezanih oscilatora mogu posmatrati kao sistemi za izračunavanje (tj. neka vrsta kompjutera).

Materijali, metode i plan istraživanja

Osnovni metod istraživanja se sastoji u primjeni sofisticiranih matematičkih teorija na sisteme povezanih oscilatora.

Drugi metod podrazumijeva izučavanje procesa u Biologiji i Fizici, njihovo opisivanje uz pomoć matematičkih modela, analizu dobijenih modela i izvođenje zaključaka.

Pošto se mnogi modeli ne mogu analizirati analitičkim matematičkim aparatom, to se još jedan važan metod sastoji u kompjuterskim simulacijama izučavanih procesa. Ovo uključuje numeričko rješavanje jednačina, ali i stohastičke simulacije slučajnih procesa.

Očekivani naučni doprinos

Očekujemo da će, kao rezultat ovog istraživanja, biti konstruisani novi metodi analize velikih kompleksnih mreža, algoritmi klasterizacije, detekcije važnih čvorova, itd. Takođe, predložićemo nove modele nekih procesa Fizike i Biologije. Planirano je i da predložimo nove metode mašinskog učenja, zasnovane na populacijama povezanih oscilatora. Kao poseban teorijski doprinos, očekujemo bolje razumijevanje efekata srednjeg polja i faznih prelazaka u raznim situacijama.

Spisak objavljenih radova kandidata

- Vladimir Jaćimović & Aladin Crnić, "Characterizing complex networks through statistics of Möbius transformations", *Physica D: Nonlinear Phenomena* **345**, 56(2016).

Popis literature

- 1) C. Huygens: Letters to de Sluse, (letters; no. 1333 of 24 February 1665, no. 1335 of 26 February 1665, no. 1345 of 6 March 1665) (Societe Hollandaise Des Sciences, Martinus Nijho, 1895).

- 2) A. Pikovsky, M. Rosenblum, J. Kurths: "Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences", Cambridge University Press, 2003.
- 3) A. Balanov, N. Janson, D. Postnov, O. Sosnovtseva: „Synchronization: From simple to complex“, Springer, 2009.
- 4) Y. Kuramoto: "Self-entrainment of a population of coupled nonlinear oscillators", in: H. Araki (Eds.) International Symposium on Mathematical Problems in Theoretical Physics, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 420-422, 1975.
- 5) S. Strogatz: "From Kuramoto to Crawford: exploring the onset of synchronization in populations of coupled oscillators", Physica D, 143, pp. 1-20, 2000.
- 6) A. Pikovsky, M. Rosenblum: "Partially integrable dynamics of hierarchical populations of coupled oscillators", Phys. Rev. Lett. 101, 2008.
- 7) E. Ott, T.M. Antonsen: "Low dimensional behavior of large systems of globally coupled oscillators", Chaos 18, 2008.
- 8) S.A. Marvel, R.E. Mirollo, S.H. Strogatz: "Identical phase oscillators with global sinusoidal coupling evolve by Möbius group action", Chaos 19, 2009.
- 9) T. Needham: "Visual Complex Analysis", Clarendon Press, 1999.
- 10) S. Axler, P. Bourdon, R. Wade: "Harmonic Function Theory", Springer, 2001.

SAGLASNOST PREDLOŽENOG/IH MENTORA I DOKTORANDA SA PRIJAVOM

Odgovorno potvrđujem da sam saglasan sa temom koja se prijavljuje.

Prvi mentor	Vladimir Jaćimović	
Drugi mentor		
Doktorand	Aladin Crnkić	(Potpis)

IZJAVA

Odgovorno izjavljujem da doktorsku disertaciju sa istom ili sličnom temom nisam prijavio ni na jednom drugom univerzitetu.

U Bihaću, BiH
20. 03. 2017.

Ime i prezime doktoranda
Aladin Crnkić